

Πρόλογος

Τα τελευταία χρόνια η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών έχει έλθει στο προσκήνιο της εκπαιδευτικής πολιτικής αλλά και στο προσκήνιο της γενικότερης εθνικής και ευρωπαϊκής πολιτικής για μια σειρά από λόγους. Θα προσπαθήσουμε να τους εκθέσουμε χωρίς κατά ανάγκη να ακολουθήσουμε τη σειρά σπουδαιότητας.

Από τότε που συγκροτείται η Ευρωπαϊκή Ένωση ως ενιαίος οικονομικός χώρος διαπιστώθηκε ότι προκειμένου το νέο μόρφωμα να καταστεί οικονομικά ανταγωνιστικό σε επίπεδο επιστημονικής έρευνας και ως εκ τούτου σε προϊόντα υψηλής τεχνολογίας προς την Ιαπωνία και τις Ηνωμένες Πολιτείες είχε ανάγκη από μερικές εκατοντάδες χιλιάδες υψηλού επιπέδου ερευνητές στους αντίστοιχους τομείς που θα στελέωναν ερευνητικά κέντρα του δημόσιου τομέα αλλά και του ιδιωτικού τομέα (εταιρειών πληροφορικής, ηλεκτρονικής, βιοτεχνολογίας, νέων υλικών κ.λπ). Οι μελέτες που ακολούθησαν έδειξαν ότι οι απόφοιτοι των ευρωπαϊκών πανεπιστημιακών τμημάτων Φυσικών Επιστημών εν γένει δεν επαρκούν αριθμητικά για να καλύψουν τις ανάγκες μιας οικονομίας προσανατολισμένης στην υψηλή τεχνολογία και ακόμα περισσότερο δεν επαρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε εκπαιδευτικούς Φυσικών Επιστημών.

Η δεύτερη διαπίστωση αφορά στη λειτουργία του πολιτεύματος. Διαπιστώθηκε ότι ο ευρύτερος πληθυσμός δεν έχει τις απαραίτητες γνώσεις για να κατανοήσει και συνάκολουθα να επιλέξει μεταξύ διαφορετικών πολιτικών προγραμμάτων που τίθουν ζητήματα ενεργειακής πολιτικής (π.χ. πυρηνική ενέργεια, απολιγνιτοποίηση), κλιματικής αλλαγής, ψηφιακής οικονομίας και διοίκησης κ.λπ. Και αυτό γιατί ένα εξαιρετικά μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού παραμένει επιστημονικά αναλφάβητο, δηλαδή στερείται των βασικών επιστημονικών γνώσεων και δεξιοτήτων που θα του επέτρεπαν να λειτουργήσει υπεύθυνα στο πλαίσιο της λεγόμενης «κοινωνίας των πολιτών». Στο πλαίσιο αυτής της συζήτησης έχει διατυπωθεί η άποψη ότι το έλλειμμα στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες οδηγεί σε έλλειμμα δημοκρατίας.

Το έλλειμμα δημοκρατίας διευρύνεται και λόγω των ανισοτήτων στην επιστημονική εκπαίδευση του πληθυσμού. Ο πολίτης με έστω χρηστικές γνώσεις και δεξιότητες στις Φυσικές Επιστήμες έχει πρόσβαση σε ευρύτερη γκάμα προϊόντων και υπηρεσιών από τον επιστημονικά αναλφάβητο πολίτη που στερείται αυτές τις χρηστικές γνώσεις και δεξιότητες.

Ο επιστημονικός αναλφαβητισμός του ευρύτερου πληθυσμού έχει και μια επιπλέον σοβαρότερη συνέπεια: οδηγεί στον εναγκαλισμό της «ψευδοεπιστήμης» και στην υιοθέτηση θεωριών «συνομωσίας» όπως πρόσφατα σχετικά με την προέλευση του ιού SARS-CoV-2 και της ασθένειας COVID-19 που προκαλεί. Ο εναγκαλισμός της «ψευδοεπιστήμης» στις διάφορες μορφές της (αστρολογία, φενγκ σούι, δημιουργισμός και

ευφυής σχεδιασμός, θεωρίες κβαντικής συνείδησης κ.λπ.), η τυφλή πίστη σε δεισιδαιμονίες, σε υπερφυσικές δυνάμεις, στη μεταφυσική, στο «ξεμάτιασμα», στη βασκανία, μέχρι και την υιοθέτηση του αντι-εμβολιαστικού κινήματος και των θεωριών του φυλετικού διαχωρισμού (ρατσισμός), δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται από την πλευρά του «γραφικού» ή στην καλύτερη περίπτωση στο πλαίσιο των πολιτιστικών σπουδών.

Όλα τα παραπάνω πολιτιστικά και κοινωνικά φαινόμενα έχουν μια κοινή αιτία: το έλλειμμα στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες.

Η δημιουργία αυτού του ελλείμματος έχει δύο συνιστώσες: μία που έχει να κάνει με το διεθνές πλαίσιο στο οποίο αναπτύχθηκε η επιστήμη από το δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα και μετά και θεωρείται «εξωτερικό» προς την επιστήμη και η δεύτερη έχει να κάνει με τις εσωτερικές αντιφάσεις της ίδιας της διδακτικής μεθοδολογίας των Φυσικών Επιστημών.

Πράγματι, στο πλαίσιο του «ψυχρού πολέμου» που κυριάρχησε στη διεθνή σκηνή από το τέλος του 2^{ου} παγκόσμιου πολέμου μέχρι την κατάρρευση της Ένωσης Σοβιετικών Σοσιαλιστικών Δημοκρατιών (ΕΣΣΔ) το 1990, η επιστήμη υποτάχθηκε και από τις δύο πλευρές στην εξυπηρέτηση του πολιτικού, οικονομικού και στρατιωτικού συμπλέγματος, χάνοντας την αίγλη της ως απελευθερωτική δύναμη της κοινωνίας, ως η αιχμή του δόρατος της κοινωνικής χειραφέτησης που είχε αποκτήσει από την περίοδο του Διαφωτισμού. Η επιστήμη για το ευρύ κοινό ταυτίστηκε με τις εφαρμογές της, έγινε «τεχνοεπιστήμη». Όταν μάλιστα, η επιστήμη έγινε «επιστήμη μεγάλης κλίμακας» με τη δημιουργία των μεγάλων εργαστηρίων, κατά το πρότυπο των μεγάλων εργοστασίων, στα οποία εργάζονται χιλιάδες επιστήμονες (Los Alamos, CERN κ.λπ), βαθμιαία αποστασιοποιήθηκε από το ευρύ κοινό, πράγμα που δεν συνέβη με τις ανθρωπιστικές σπουδές.

Ταυτόχρονα όμως, μέχρι σήμερα η Διδακτική Μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών δεν έχει κατορθώσει να λύσει τη θεμελιώδη αντίφαση του αναλυτικού προγράμματος των Φυσικών Επιστημών: το σχεδιασμό ενός αναλυτικού προγράμματος για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών το οποίο θα είναι εξίσου λειτουργικό και για τους μαθητές που θα ακολουθήσουν σταδιοδρομία τις Φυσικές Επιστήμες αλλά και για εκείνους τους μαθητές που θα ακολουθήσουν άλλες κατευθύνσεις σπουδών (ανθρωπιστικές, κοινωνικές, οικονομικές σπουδές) ή θα λάβουν επαγγελματική εκπαίδευση.

Η πιο πρόσφατη προσέγγιση στη λύση αυτής της αντίφασης αφορά στην πρόταση του «επιστημονικού γραμματισμού» που εστιάζει στην παροχή βασικών γνώσεων, δεξιοτήτων, υιοθέτηση θετικών στάσεων απέναντι στις φυσικές επιστήμες και κινήτρων για όλους τους μαθητές μέχρι την 9χρονη υποχρεωτική εκπαίδευση τουλάχιστον.

Η πρόταση του «επιστημονικού γραμματισμού» μαζί με άλλες σύγχρονες τάσεις και προτάσεις της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών παρουσιάζονται στο ανά χείρας βιβλίο το οποίο προέκυψε μέσα από την πολυετή ενασχόληση των συγγραφέων με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και ιδιαίτερα της Φυσικής.

Απευθύνεται σε υποψήφιους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, σε υποψήφιους εκπαιδευτικούς Φυσικών Επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς και των δύο βαθμίδων της εκπαίδευσης που επιθυμούν να εντρυφήσουν στο γνωστικό αντικείμενο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Θέλουμε να τονίσουμε ότι το βιβλίο εστιάζει στις σύγχρονες τάσεις και απόψεις με τρόπο όσο το δυνατόν αμερόληπτο αν και νομίζουμε ότι το επιστημολογικό αποτύπωμα των συγγραφέων είναι εμφανές σε όλα τα κεφάλαια του βιβλίου.

Εξυπακούεται ότι για τα τυχόν λάθη, αβλεψίες και παραλήψεις αποκλειστικά υπεύθυνοι είναι οι συγγραφείς.

Κώστας Σκορδούλης & Κωνσταντίνα Στεφανίδου
Καλοκαίρι 2020

Εισαγωγικό σημείωμα

Το παρόν βιβλίο αποτελείται από τέσσερα διακριτά μεν αλληλοσυμπληρούμενα δε μέρη.

Στο πρώτο μέρος (Μέρος Α') δίνεται το αντικείμενο και τα θεμέλια της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Συγκεκριμένα στο 1^ο Κεφάλαιο περιγράφεται η Διδακτική Φυσικών Επιστημών ως αυτόνομο γνωστικό αντικείμενο που τροφοδοτείται από άλλους επιστημονικούς κλάδους όπως η Παιδαγωγική, η Επιστημολογία, κα. Στο ίδιο κεφάλαιο τίθενται τα θεμελιώδη ερωτήματα που απασχολούν τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών σήμερα.

Στο 2^ο Κεφάλαιο δίνονται οι βασικές θεωρήσεις σχετικά με την εγκυρότητα της επιστημονικής γνώσης καθώς και η διερεύνηση των προϋποθέσεων, των διαδικασιών και των ορίων της επιστημονικής γνώσης που συνδέονται με την ιστορική εξέλιξη της επιστημονικής μεθόδου.

Στη συνέχεια, στο 3^ο Κεφάλαιο, αναλύονται τα κύρια ρεύματα γνωστικής ανάπτυξης που επηρέασαν τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: από τη μια η θεωρία του Piaget για τα στάδια γνωστικής ανάπτυξης και της ατομικής εποικοδόμησης της γνώσης κι από την άλλη η πολιτισμική – ιστορική θεωρία του Vygotsky – σύμφωνα με την οποία η μάθηση είναι και συλλογική υπόθεση - δικαίως επηρέασαν τα προγράμματα σπουδών και τις πρακτικές των εκπαιδευτικών σε όλες τις βαθμίδες.

Το επόμενο κεφάλαιο – 4^ο Κεφάλαιο, αφορά στην σχολική επιστήμη, δηλαδή στο περιεχόμενο που προτείνεται για διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο. Το κεφάλαιο δίνει έμφαση στον αναγκαίο διδακτικό μετασχηματισμό που θα πρέπει να υφίσταται η επιστημονική γνώση, αντιπαραβάλλοντας τον με την έννοια της απλοποίησης που επικρατεί στην πράξη.

Στο 5^ο Κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση της άτυπης και μη τυπικής εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες ως συνιστώσα της επιστημονικής καλλιέργειας όλων των πολιτών, κι όχι απαραίτητα των μαθητών. Δίνονται παραδείγματα μορφών άτυπης και μη τυπικής εκπαίδευσης, όπως τα μουσεία επιστημών και τα κέντρα επιστημών, τα φεστιβάλ επιστήμης, οι βοτανικοί κήποι και παρατίθεται σύντομος κατάλογος αντίστοιχων υποδομών στην Ελλάδα.

Στο δεύτερο μέρος (Μέρος Β') αναλύεται η διερευνητική διδασκαλία και μάθηση (Inquiry Based Teaching and Learning) ως η προτεινόμενη προσέγγιση για τις τάξεις των Φυσικών Επιστημών.

Στο 6^ο Κεφάλαιο σκιαγραφείται το πέρασμα από την επιστημονική μέθοδο στο διερευνητικό μοντέλο διδασκαλίας, με ιδιαίτερη έμφαση στην παρουσίαση της επιστημονικής μεθόδου σε διάφορα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών.

Στο 7^ο Κεφάλαιο αναλύεται η διερευνητική προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών

Επιστημών, από τον John Dewey μέχρι σήμερα. Περιγράφεται το σκεπτικό της προσέγγισης με τα πιθανά οφέλη που φέρει, ο βαθμός καθοδήγηση της διερεύνησης από τον εκπαιδευτικό ανάλογα με τις συνθήκες της τάξης, οι φάσεις της προσέγγισης καθώς και πορίσματα εκπαιδευτικής έρευνας που ενισχύουν την εφαρμογή του συγκεκριμένου διδακτικού μοντέλου.

Στο 8^ο Κεφάλαιο εστιάζουμε στο μοντέλο των τριών διαστάσεων, που σχεδιάστηκε με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας του γραμματισμού των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. Το πλαίσιο αυτό περιλαμβάνει τρεις διαστάσεις στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών: τις επιστημονικές πρακτικές, τις βασικές ιδέες και τις εγκάρσιες έννοιες.

Στο 9^ο Κεφάλαιο συζητείται ο ρόλος των επιστημονικών μοντέλων στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Συγκεκριμένα, αφού παρουσιαστεί η αναπαραστατική λειτουργία των μοντέλων, δίνεται έμφαση στην αξιοποίησή τους όχι μόνο στο να εξηγούν αλλά και να προβλέπουν φυσικά φαινόμενα. Επιπλέον περιγράφεται και αναλύεται η διαδικασία της μοντελοποίησης ως στάδιο – στοιχείο της επιστημονικής έρευνας, κυρίως σε περιστάσεις που το πραγματικό πείραμα δε μπορεί να πραγματοποιηθεί.

Στο τρίτο μέρος (Μέρος Γ') αναλύονται τα σπουδαιότερα εκπαιδευτικά προγράμματα που άσκησαν επιρροή στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες σε Ευρώπη και Αμερική και διαμόρφωσαν την παρούσα κατάσταση.

Έτσι, στο 10^ο Κεφάλαιο αναλύεται το Πολιτισμικό Παράδειγμα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Το Πολιτισμικό Παράδειγμα είναι μια πρόταση για τη διδασκαλία σύμφωνα με την οποία η ανάπτυξη της γνωστικής αντίληψης του ατόμου εξαρτάται από το κοινωνικό-πολιτισμικό πλαίσιο στο οποίο το άτομο ζει και λειτουργεί.

Στο 11^ο Κεφάλαιο αναλύεται η εκπαιδευτική πρόταση που αναπτύχθηκε γύρω από την Ιστορία και τη Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών (ΙΦΦΕ). Η εμφάνιση και η ανάπτυξη των απόψεων που ήθελαν τις Φυσικές Επιστήμες να διδάσκονται στο ιστορικό και φιλοσοφικό τους πλαίσιο, δίνονται ιστορικά, ξεκινώντας από τον Ernst Mach και προχωρώντας στην εμφάνιση των δύο μεγάλων προγραμμάτων, του Harvard Project Physics Course (HPPC) από το Πανεπιστήμιο του Harvard και το Πρόγραμμα Physical Science Study Committee από το Πανεπιστήμιο του MIT. Τέλος παρουσιάζονται τα οφέλη και οι προοπτικές που εμφανίζονται από τα προγράμματα αυτής της συγκεκριμένης φιλοσοφίας.

Το 12^ο Κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στο περιεχόμενο και στη διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης. Αναλύεται το περιεχόμενο του όρου και σκιαγραφείται η πορεία του προβληματισμού για την ένταξη στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης στα αναλυτικά προγράμματα Φυσικών Επιστημών διεθνώς.

Το 13^ο Κεφάλαιο περιγράφει τους στόχους που έθεσε και τις απαντήσεις που έδωσε το πρόγραμμα Science – Technology – Society (STS) στον απόηχο της ριζοσπαστικής δεκαετίας του 1970 δίνοντας έμφαση στη σχέση επιστήμης, τεχνολογίας και εισάγοντας την ιδέα της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες με στόχο της πολιτική δράση.

Στη συνέχεια, στο 14^ο Κεφάλαιο δίνονται οι βασικές αρχές της Κριτικής Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες. Αναλύονται οι στόχοι του προγράμματος αυτού, μέσα από το πρίσμα ότι οι Φυσικές Επιστήμες θα πρέπει να διδάσκονται με στόχο τη δημοκρατία και την κοινωνική δικαιοσύνη.

Το Μέρος Γ΄ ολοκληρώνεται με το 15^ο Κεφάλαιο που περιγράφει τους σκοπούς και τα χαρακτηριστικά της διεπιστημονικής προσέγγισης της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών (STEM - Science Technology Engineering Mathematics).

Το Μέρος Δ΄ περιλαμβάνει διδακτικές προτάσεις για τη πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Συγκεκριμένα στο 16^ο Κεφάλαιο δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά της στοχοθεσίας καθώς και η δομή του διδακτικού σεναρίου.

Στο 17^ο Κεφάλαιο δίνονται πέντε διδακτικές προτάσεις για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, που βασίζονται στη διερευνητική διδασκαλία και περιλαμβάνουν διάφορες προσεγγίσεις (αξιοποίηση ιστορικού υλικού, αξιοποίηση μοντέλων του μικρόκοσμου, σχέδιο εργασίας (project), πειράματα με απλά υλικά, κοκ).

Τέλος, στο 18^ο Κεφάλαιο δίνονται τέσσερις διδακτικές προτάσεις για την δευτεροβάθμια εκπαίδευση, συμβατές με την διερευνητική διδασκαλία και περιλαμβάνουν διάφορες προσεγγίσεις (αξιοποίηση ιστορικών πηγών, μικροσυσκευές συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, προσέγγιση STEM, κοκ) καθώς και δύο εφαρμογές από την άτυπη και μη τυπική εκπαίδευση.

ΠΡΩΤΟ ΜΕΡΟΣ

Η συγκρότηση της διδακτικής
των φυσικών επιστημών

1

Η διδακτική των φυσικών επιστημών ως ερευνητικό πρόγραμμα

1.1 Καταστατικά Ερωτήματα

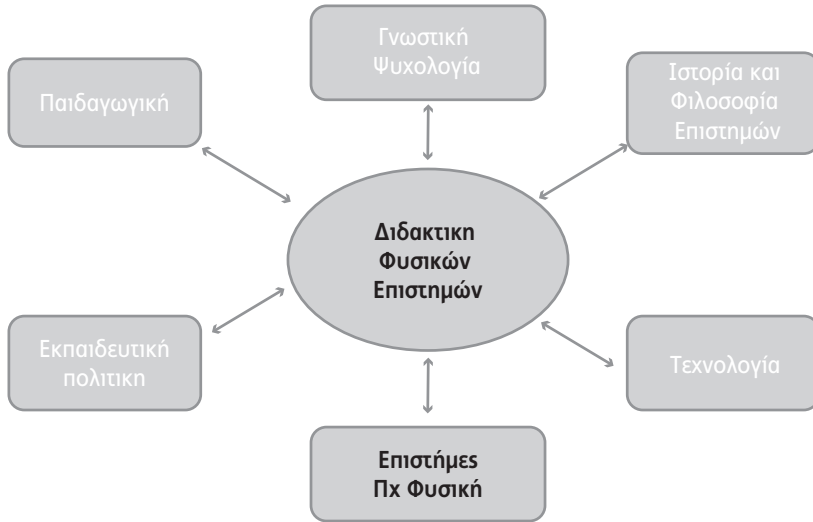
Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών αποτελεί κλάδο της Διδακτικής Μεθοδολογίας η οποία με τη σειρά της εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο της Εφαρμοσμένης Παιδαγωγικής. Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών συγκροτείται αυτόνομα περισσότερο από μισό αιώνα, αποτελεί δε ένα γόνιμο πρόγραμμα επιστημονικής έρευνας (Lakatos 1986) εντός του οποίου διεξάγεται ερευνητική δραστηριότητα που αφορά στη διατύπωση νέων θεωριών για τη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην τυπική, στην μη τυπική και στην άτυπη εκπαίδευση.

Τα θεμελιώδη ζητήματα που απασχολούν την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες σήμερα σχετίζονται με το πώς οι σημερινοί μαθητές – αυριανοί πολίτες θα αποκτήσουν γνώσεις, στάσεις και δεξιότητες που θα τους καταστήσουν ενεργά μέλη της «κοινωνίας των πολιτών» και θα μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις για τα ατομικά και συλλογικά ζητήματα που τους απασχολούν.

Ένα άλλο ζήτημα με το οποίο ασχολείται η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών είναι η προετοιμασία της επόμενης γενιάς επιστημόνων, δηλαδή η παροχή υψηλού επιπέδου γνώσεων και δεξιοτήτων σε μαθητές που σκοπεύουν να ακολουθήσουν επαγγελματική σταδιοδρομία που απαιτεί σπουδές στις Φυσικές Επιστήμες ή/και στην Τεχνολογία. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, τα δύο αυτά ζητήματα βρίσκονται σε μια δημιουργική ένταση στο αναλυτικό πρόγραμμα των Φυσικών Επιστημών και ανατροφοδοτούν το ένα το άλλο.

Η απόφαση να διδάξει κάποιος/α Φυσικές Επιστήμες, σε οποιαδήποτε βαθμίδα της εκπαίδευσης, συχνά είναι μια δύσκολη απόφαση. Μερικά από τα ερωτήματα που προβληματίζουν τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς Φυσικών Επιστημών είναι ερωτήματα όπως:

- Αρκεί να γνωρίζω καλά το γνωστικό μου αντικείμενο (Φυσική, Χημεία, Βιολογία, κ.λπ.) για να είμαι και καλός εκπαιδευτικός; (η ερώτηση αφορά τους εκπαιδευτικούς της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης)
- Αρκεί να γνωρίζω επαρκώς τις Θεωρίες Αγωγής για να μπορέσω να διδάξω Φυσικές Επιστήμες; (η ερώτηση αφορά του εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης)
- Ο καλός εκπαιδευτικός γεννιέται ή γίνεται;



Σχήμα 1.1.1: Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τα επιστημονικά πεδία με τα οποία αλληλεπιδρά

- Ποιος θεωρείται επαρκής εκπαιδευτικός;

Τα παραπάνω ερωτήματα απορρέουν από τα θεμελιώδη ερωτήματα που θέτει στον εαυτό του και στην κοινότητα οποιοσδήποτε ασχολείται με την έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών:

- Γιατί να διδάσκονται οι Φυσικές Επιστήμες, δηλαδή ποιους σκοπούς εξυπηρετούν;
- Τι πρέπει να διδάσκουμε στις Φυσικές Επιστήμες, δηλαδή ποιο είναι το περιεχόμενο των αναλυτικών προγραμμάτων;
- Πώς διδάσκουμε και σε ποιους, δηλαδή ποιες είναι οι κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές ανάλογα με το κοινό στο οποίο απευθυνόμαστε;

Οι απαντήσεις των ερωτημάτων αυτών φαίνεται ότι δεν είναι μονοσήμαντες και συνήθως δεν προέρχονται μόνο από τις θεωρίες που διατυπώνονται στο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών αλληλεπιδρά πρώτα και κύρια με τις Φυσικές Επιστήμες στις οποίες αναφέρεται (το γνωστικό αντικείμενο) και ταυτόχρονα τροφοδοτείται από άλλους επιστημονικούς κλάδους όπως η Παιδαγωγική, η Επιστημολογία, η Γνωστική Ψυχολογία, η Εκπαιδευτική Πολιτική και η Τεχνολογία όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.1.1. Αυτή η αλληλεπίδραση εμπλουτίζει την θεωρητική έρευνα και την πρακτική της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Σύμφωνα με το Βλάχο (2004) η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών απαντάει άμεσα ή έμμεσα σε τρία θεμελιώδη μεν, ωστόσο εμπλεκόμενα μεταξύ τους προβλήματα:

1. Της γνώσης του κόσμου, το οποίο στην προκειμένη περίπτωση διακρίνεται σε δύο επιμέρους διαστάσεις:

- α.** Της γνώσης του φυσικού κόσμου, που είναι αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών και
 - β** Της γνώσης του νου των άλλων, δηλαδή των γνώσεων, των πεποιθήσεων και των σκέψεων των μαθητών
- 2.** Των προϋποθέσεων και των διαδικασιών μέσω των οποίων αποκτάται η γνώση του φυσικού κόσμου και των ορίων εγκυρότητάς της. Αν δηλαδή η γνώση αυτή είναι έγκυρη, πρόσκαιρη, μεταφυσική, σχετική, κ.λπ.
- 3.** Των κριτηρίων επιλογής της σχολικής γνώσης, των μεθόδων διδασκαλίας της στους μελλοντικούς πολίτες και των κριτηρίων αξιολόγησης του μαθησιακού αποτελέσματος.

Τα δύο πρώτα ερωτήματα είναι στη φύση τους φιλοσοφικά και οι διαφορετικές απαντήσεις προέρχονται από διαφορετικές επιστημολογικές αφηρησίες, ανάλογα με τις οποίες τροφοδοτούν το ένα το άλλο. Οι απαντήσεις ή πιο σωστά οι προτάσεις που γίνονται για την επίλυσή τους νοηματοδοτούν το τρίτο ερώτημα, που είναι κατά βάση ερώτημα της εκάστοτε εκπαιδευτικής πολιτικής.

Η γνώση του φυσικού κόσμου όπως προσεγγίζεται από τους ερευνητές των Φυσικών Επιστημών (Φυσικής, Χημείας, Βιολογίας, Γεωλογίας, κοκ) είναι η «επιστημονική γνώση». Η επιστημονική γνώση παράγεται μέσω της αυστηρής εφαρμογής συγκεκριμένων επιστημονικών μεθόδων από τους ερευνητές στα εργαστήρια που εργάζονται και προσπαθούν να την αναπτύξουν διατυπώνοντας ολοένα και πιο προηγμένες επεξηγήσεις σε μικρά ή μεγάλα ερευνητικά ερωτήματα (Σκορδούλης 2015). Για να προσεγγίσει κάποιος μαθητής ή ενήλικας την επιστημονική γνώση, εκτός από το απαραίτητο γνωστικό υπόβαθρο, θα πρέπει να έχει πρόσβαση στις επιστημονικές δημοσιεύσεις που γίνονται σε επιστημονικά συνέδρια και επιστημονικά περιοδικά. Το πρόβλημα της εγκυρότητας της επιστημονικής γνώσης δεν επιδέχεται μονολεκτικές απαντήσεις του τύπου «ναι» ή «όχι». Είναι ένα ζήτημα που απασχολεί την Επιστημολογία των Φυσικών Επιστημών. Οι βασικές θεωρήσεις σχετικά με την εγκυρότητα της επιστημονικής γνώσης καθώς και η διερεύνηση των προϋποθέσεων, των διαδικασιών και των ορίων της επιστημονικής γνώσης που συνδέονται με την ιστορική εξέλιξη της επιστημονικής μεθόδου αναλύονται στο Κεφάλαιο 2.

Σε ό,τι αφορά τη «γνώση του νου των άλλων», δηλαδή του τρόπου σκέψης τους, αυτή προσεγγίζεται από τον εκπαιδευτικό μέσα στην σχολική τάξη αλλά αποτελεί πεδίο έρευνας των γνωστικών ψυχολόγων. Η διδασκαλία επηρεάζεται σημαντικά όταν συντελείται πρόοδος στην ψυχολογία και συγκεκριμένα όταν διατυπώνονται νέες θεωρίες για το πώς μαθαίνουν οι μαθητές. Για παράδειγμα, η θεωρία του Piaget για τα στάδια γνωστικής ανάπτυξης άλλαξε ριζικά τη στάση και τις πρακτικές των εκπαιδευτικών καθώς και τα προγράμματα σπουδών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Σύμφωνα με την πολιτισμική – ιστορική θεωρία του Vygotsky, η ανάπτυξη της νόησης είναι διαδικασία κοινωνικής αλληλεπίδρασης όπου σημαντικό ρόλο παίζει η ομιλία ως μέσο επικοινωνίας. Με την εγκαθίδρυση αυτής της θεώρησης, η μάθηση άρχισε να αντιμετωπίζεται όχι ως ατομική αλλά ως συλλογική υπόθεση. Οι θεωρίες που ερμηνεύουν και αναλύουν τις γνωστικές διαδικασίες και τη μάθηση έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη διδασκαλία και

στην εκπαίδευση γενικότερα. Τα κύρια ρεύματα γνωστικής ανάπτυξης που επηρέασαν τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών αναφέρονται συνοπτικά στο Κεφάλαιο 3.

Στο πεδίο της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, τις τελευταίες δεκαετίες έχουν κάνει έντονη την παρουσία τους ζητήματα που αφορούν την Φύση της Επιστήμης, συμπεριλαμβάνοντας τα ζητήματα που αφορούν την εγκυρότητα της επιστημονικής γνώσης, τις μεθόδους της καθώς και την αλληλεπίδρασή της με το κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο. Έτσι, τα ζητήματα αυτά δεν απασχολούν πλέον μόνο τη φιλοσοφία και την κοινωνιολογία της επιστήμης αλλά και την εκπαίδευση.

Ωστόσο, οι απαντήσεις που δίνονται τόσο για τη γνώση του κόσμου και του τρόπου σκέψης των μαθητών, όσο και για τις διαδικασίες απόκτησης της γνώσης αυτής, επηρεάζουν την τρίτη ερώτηση, δηλαδή την σχολική γνώση και τις μεθόδους διδασκαλίας. Η σχολική γνώση δεν αποτελεί μια απλοποίηση της επιστημονικής αλλά είναι προϊόν πλήρους μετασχηματισμού και αναπλαισίωσης που πληροί συγκεκριμένα κριτήρια. Ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει αυτή τη διαδικασία είναι ο όρος «διδακτική μετάθεση» ("transposition didactique") και προτάθηκε από τον Γάλλο κοινωνιολόγο Chevallard (1985). Ο όρος «διδακτική μετάθεση» είναι κεντρικός όχι μόνο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών αλλά και για τη Διδακτική των Μαθηματικών και εν γένει για όλους τους κλάδους της Διδακτικής Μεθοδολογίας. Η συζήτηση για την «διδακτική μετάθεση» και γενικότερα για τη φύση της σχολικής γνώσης ως προϊόν διδακτικού μετασχηματισμού και αναπλαισίωσης αναφέρεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 4.

Οι απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα δεν είναι μονοσήμαντες. Διαφορετικές κοσμοθεωρήσεις οδηγούν σε διαφορετικές απαντήσεις. Σε κάθε περίπτωση στο βιβλίο αυτό θα καταστήσουμε εμφανές το δικό μας επιστημολογικό αποτύπωμα: η επιστημολογική μας θεώρηση θέτει προτεραιότητες που σχετίζονται με την εξοικείωση μαθητών και εκπαιδευτικών με τον ορθολογικό τρόπο σκέψης καθώς και με την σχέση της επιστήμης με την κοινωνία και τον πολιτισμό τόσο στην τυπική όσο και στη μη τυπική και άτυπη εκπαίδευση. Ωστόσο, έχουμε κατά νου ότι όπως οι Φυσικές Επιστήμες εξελίσσονται, έτσι και η διδακτική τους. Η έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών φέρνει καθημερινά στο φως νέα στοιχεία, τα οποία οφείλουμε να λαμβάνουμε υπόψη.

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Οι Φυσικές Επιστήμες άρχισαν να διδάσκονται τον 18^ο αιώνα σε σχολεία της Αγγλίας ως Φυσική Φιλοσοφία. Τον 19^ο αιώνα εντάσσονται στα συστήματα υποχρεωτικής εκπαίδευσης αρκετών χωρών. Ενδεικτικά, υποστηρίζεται η συστηματική εισαγωγή των Φυσικών Επιστημών στα σχολεία από τους de Concoret (Γαλλία), Thomas Huxley, Henry Armstrong (Αγγλία), John Dewey (ΗΠΑ), Ernst Mach και Herbert (Γερμανία). Τον 19^ο αιώνα τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (ΗΠΑ) περιείχαν θεολογία, κλασική φιλολογία και ανθρωπιστικές επιστήμες. Ως εκ τούτου οι Φυσικές Επιστήμες έπρεπε να παρουσιαστούν με έναν αντίστοιχα ανθρωπιστικό τρόπο (Matthews 2007).

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ο φιλόσοφος John Dewey συμβάλει με το έργο του στο να συσχετιστεί η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με τη καθημερινή ζωή. Γίνεται έτσι σε επίπεδο σχολικής εκπαίδευσης μια στροφή. Ανώτερος σκοπός ήταν η ισορροπία μεταξύ των γνώσεων που απαιτούνται για την κατανόηση του φυσικού κόσμου, του τρόπου διερεύνησής του και της δυνατότητας της επιστήμης να εξασφαλίσει έναν καλύτερο τρόπο ζωής. Σταδιακά διατυπώνεται ότι σκοπός της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες είναι η δημιουργία πολιτών που να μπορούν να συμβάλουν ενεργά σε μια δημοκρατική κοινωνία αλλά και να αντιλαμβάνονται την πολιτισμική διάσταση των Φυσικών Επιστημών.

Το ξέσπασμα του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου άλλαξε το σκηνικό στο τομέα της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Τα εγκλήματα του πολέμου με αποκορύφωμα τη ρίψη της ατομικής βόμβας στη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι αποκάλυψαν στην παγκόσμια κοινή γνώμη ότι η επιστήμη δεν λειτουργεί υπέρ της ανθρωπότητας άνευ όρων. Το αποτέλεσμα ήταν η κοινή γνώμη να υιοθετήσει μια εκθρική στάση απέναντι στην επιστήμη θεωρώντας την υπεύθυνη για όλα τα δεινά που επικράτησαν τόσο κατά τη διάρκεια του πολέμου, όσο και μετά. Σε αυτόν τον αρνητισμό απέναντι στην επιστήμη και την τεχνολογία ήρθε να απαντήσει η πρόταση του επιστημονικού γραμματισμού. Η κεντρική ιδέα ήταν ότι ο επιστημονικά εγγράμματος πολίτης θα πρέπει να μπορεί να εφαρμόσει την επιστήμη κριτικά στα προβλήματα της καθημερινής του ζωής και να μπορεί να λαμβάνει αποφάσεις με βάση την επιστήμη και την τεχνολογία για δημόσια ζητήματα που τον αφορούν άμεσα όπως τα θέματα προστασίας του περιβάλλοντος.

Η δεκαετία του 1950 χαρακτηρίζεται από τους ανταγωνισμούς των πυρηνικών εξοπλισμών και τον ανταγωνισμό για την κατάκτηση του διαστήματος, μεταξύ των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (ΗΠΑ) και της Ένωσης Σοβιετικών Σοσιαλιστικών Δημοκρατιών (ΕΣΣΔ), γνωστή και ως περίοδος του Ψυχρού Πολέμου. Χαρακτηριστικό γεγονός αποτελεί η εκτόξευση του Σπούτνικ Ι, στις 4 Οκτωβρίου του 1957, από τη Σοβιετική Ένωση, του πρώτου τεχνητού δορυφόρου γύρω από τη Γη, που αποτέλεσε το πρώτο μεγάλο βήμα για την εξερεύνηση του διαστήματος. Ακολούθησε το επίτευγμα του πρώτου κοσμοναύτη Γιούρι Γκαγκάριν. Η επιτυχία του προγράμματος Σπούτνικ είχε ως αποτέλεσμα οι Αμερικάνοι να επισπεύσουν τις - ήδη σε εξέλιξη - δικές τους προσπάθειες για την εκτόξευση του δικού τους δορυφόρου, αλλά ταυτόχρονα να προχωρήσουν σε εκτεταμένες μεταρρυθμίσεις στην εκπαίδευση των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών. Τότε παρουσιάστηκαν τα προγράμματα Harvard Project Physics Course (HPPC) από το Πανεπιστήμιο του Harvard και το Πρόγραμμα Physical Science Study Committee από το Πανεπιστήμιο του MIT.

Η δεκαετία του 1960 χαρακτηρίζεται από ένα κίνημα νεολογιστικής αμφισβήτησης στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ. Σημαντικά γεγονότα είναι η εξέγερση των φοιτητών στο Πανεπιστήμιο του Berkley, το ακαδημαϊκό έτος 1964-1965, και η εξέγερση των φοιτητών το Μάη του 1968 στη Γαλλία. Σταδιακά η εκπαιδευτική κοινότητα διαπιστώνει ότι τα αναλυτικά προγράμματα δεν καλύπτουν τις ανάγκες των μαθητών και της σύγχρονης κοινωνίας. Αρχικά η απάντηση στη παραδοσιακή διδασκαλία έρχεται από την Αγγλία, μέσω του Nuffield Project, όπου προτείνει το ανακαλυπτικό μοντέλο διδασκαλίας και βάζει τους μαθητές στη θέση μικρών ερευνητών.

Επιπλέον αρχίζουν να ζυμώνονται οι ιδέες για την αλληλεπίδραση της επιστήμης με την κοινωνία και την τεχνολογία. Μια συγκροτημένη πρόταση σε αυτή τη λογική είναι το πρόγραμμα Επιστήμη – Τεχνολογία – Κοινωνία (STS: Science – Technology – Society) που ξεκίνησε στον Καναδά και υπογραμμίζει τη σχέση μεταξύ της επιστήμης, της κοινωνίας και της τεχνολογίας ενώ θέτει ως στόχο του τον γόνιμο διάλογο μεταξύ τους. Εξέλιξη αυτού του προγράμματος σπουδών αποτελεί το STSE (Science Technology Society and Environment) στο οποίο ενσωματώνεται το περιβαλλοντικό στο κοινωνικό πλαίσιο.

Τη δεκαετία του 1980 στις ΗΠΑ (NRC 1985) σχεδιάζεται μια εκπαιδευτική μεταρρύθμιση με τίτλο Project 2061 με σκοπό τον επιστημονικό γραμματισμό όλων των Αμερικανών μαθητών. Η ιδέα ήταν η εξής: το έτος 1985 ο κομήτης του Halley ήταν ορατός από τη Γη. Τα παιδιά που τότε πήγαιναν σχολείο θα ξαναδούν τον κομήτη το 2061, και θα έχουν ηλικία περίπου 85 ετών. Το 2061 είναι και το έτος «ορόσημο» όπου θα έχει επιτευχθεί ο επιστημονικός γραμματισμός όλων των Αμερικανών (Science for All Americans).

Οι αλλαγές που συνέβησαν τον εικοστό αιώνα στη σχολική εκπαίδευση είχαν τις διαστάσεις και τα χαρακτηριστικά αλλαγής Παραδείγματος (Kuhn 1962/2008). Από τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας, οι εκπαιδευτικοί και οι ερευνητές άρχισαν να μελετούν τα ευρήματα των ψυχολόγων για το πώς μαθαίνει ο άνθρωπος. Έτσι, σταδιακά περάσαμε από τον συμπεριφορισμό στις γνωστικές και κοινωνικό-πολιτισμικές προσεγγίσεις (Duit & Treagust 1998). Σήμερα πλέον γνωρίζουμε ότι η σχολική πραγματικότητα αποτελεί ένα μίγμα των τριών θεωρήσεων, με έμφαση στο συνδυασμό των γνωστικών και κοινωνικό-επιστημονικών προσεγγίσεων. Ανάλογα με τη στόχευση, ο εκπαιδευτικός μπορεί να απευθυνθεί σε οποιαδήποτε από τις θεωρίες αυτές ή και στις τρεις μαζί. Επομένως, το ζήτημα της δίκαιης χρήσης και άρα απεύθυνσής μας σε μία ή περισσότερες προσεγγίσεις είναι επιλογή που στηρίζεται στη κουλτούρα του αναλυτικού προγράμματος αλλά και στην κουλτούρα του εκπαιδευτικού.

Αυτό που αποτελεί το στοίχημα για τον 21^ο αιώνα είναι η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών να μπορεί να τροφοδοτήσει τον εκπαιδευτικό της τάξης προκειμένου να βελτιώσει τον εαυτό του, το σχολείο του και κατά συνέπεια την κοινωνία στην οποία ζει και εργάζεται. Όπως είπε ο Derek Hodson «**είναι καιρός για δράση** και πρέπει να καταβληθούν προσπάθειες για την αλλαγή πρακτικών στην τάξη, εκπαιδευόντας τους εκπαιδευτικούς τόσο πριν όσο και κατά τη διάρκεια της υπηρεσίας τους» (Hodson, 2010) δίνοντας έτσι έμφαση στο μετασχηματιστικό ρόλο της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες.

Βιβλιογραφία στα ελληνικά

- Βλάχος, Ι. (2004). Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες – Η πρόταση της Εποικοδόμησης, Εκδ. Γρηγόρη.
- Kuhn, T. (1962/2008). Η Δομή των Επιστημονικών Επανάστασεων, Εκδ. Σύγχρονα Θέματα.
- Matthews, M. (2007). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες – Ο ρόλος της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Εκδ. Επίκεντρο.
- Σκορδούλης, Κ. (2015). Επιστημονική Γνώση, Εκδ. Τόπος.

Βιβλιογραφία στα αγγλικά

- Chevellard, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné* (The didactical transposition. From scientific knowledge to taught knowledge). Grenoble, France: La Pensée Sauvage.
- Duit, R. & Treagust, D. (1998). Learning in science – From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond. In B. J. Fraser and K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Dordrecht, NL: Kluwer Academic Publishers.
- Hodson, D. (2010). Time for action: Science education for an alternative future, *International Journal of Science Education*, 25 (6), 645-670, <http://doi.org/10.1080/09500690305021>
- Lakatos, I. (1986). Μεθοδολογία των Προγραμμάτων Επιστημονικής Έρευνας, Σύγχρονα Θέματα.
- National Research Council (NRC) (1985). *Science for All Americans*, <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.html>

2

Για τη γνώση, την επιστήμη και τη μέθοδο

2.1 Τι είναι τελικά η επιστήμη;

Το ερώτημα τι είναι επιστήμη είναι ιδιαίτερα παλιό και ανθεκτικό στο χρόνο. Στην εποχή μας η επιστήμη χαίρει πολύ υψηλής εκτίμησης. Χαρακτηρίζοντας ένα επίχειρημα ή ένα ισχυρισμό ως επιστημονικό του αποδίδουμε ιδιαίτερη αξιοπιστία. Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να αποτελέσει μια στοιχειώδη εισαγωγή στα ρεύματα που συνδιαμόρφωσαν το σημερινό περιεχόμενο του όρου. Η επιστήμη για την περιγραφή της απαιτεί στοιχεία όχι μόνο από την ίδια την επιστήμη αλλά και από την ιστορία, τη φιλοσοφία και την κοινωνιολογία της επιστήμης. Οι παραπάνω κλάδοι συνεργάζονται προκειμένου να περιγραφεί η επιστήμη: το τι ακριβώς είναι, το πώς λειτουργεί και εξελίσσεται, το πώς αλληλεπιδρά με την κοινωνία, το πώς εργάζονται και σκέφτονται οι επιστήμονες και μια σειρά από άλλα «πώς» και «γιατί». Αν και τα παραπάνω ερωτήματα εκ πρώτης όψεως είναι μάλλον φιλοσοφικά, το ερώτημα «τι είναι η επιστήμη» είναι τόσο θεμελιώδες που αργά ή γρήγορα θα απασχολήσει ρητά ή άρρητα τον εκπαιδευτικό που θα επιλέξει να διδάξει Φυσικές Επιστήμες.

Στόχος μας εδώ δεν είναι να συμβάλλουμε στο φιλοσοφικό διάλογο αλλά να εμπλουτίσουμε τις θέσεις των μελλοντικών και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τη φύση του επιστημονικού εγχειρήματος, προκειμένου να μπορούν να κατανοήσουν και να σταθούν κριτικά στις εκάστοτε εκπαιδευτικές επιλογές που αφορούν την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Τελικά τι είναι η επιστήμη; Μια συλλογή δεδομένων που αργά ή γρήγορα γίνονται νόμοι; Ένα σύνολο από επιτυχημένες θεωρίες; Μια σειρά από νόμους που δεν αλλάζουν; Αυτά και άλλα ερωτήματα περιλαμβάνονται στον όρο Φύση της Επιστήμης και καλούνται να διαχειριστούν οι εκπαιδευτικοί όλων των βαθμίδων εντός και εκτός σχολικής τάξης, στην τυπική ή στην άτυπη εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες.

Η συζήτηση για τη Φύση της Επιστήμης αδιαμφισβήτητα ξεκίνησε ως συστηματικό έργο των φιλοσόφων, των επιστημόνων και των ιστορικών της επιστήμης. Η σημερινή διαμόρφωση του όρου Φύση της Επιστήμης (Nature of Science), όπως εμφανίζεται στην διδακτική των φυσικών επιστημών, οφείλει αρκετά, αν όχι όλα, από τα χαρακτηριστικά του στην επιστημολογία και στο κλίμα που δημιουργήθηκε κυρίως μετά την ιστορικο-επιστημολογική στροφή σε αυτήν. Η πλήρης κατανόηση των μεθόδων και των πρακτικών της επιστήμης, οι οποίες απασχολούν σήμερα διεθνώς την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες, προϋποθέτουν την συζήτηση των βασικών επιστημολογικών απόψεων και θεωριών. Για

το σκοπό αυτό, στο παρόν κεφάλαιο, αναλύονται σύντομα τα επιστημολογικά ρεύματα που διαμόρφωσαν την εικόνα που έχουμε σήμερα για την επιστήμη και που επηρέασαν αναπόφευκτα τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Εν συνεχεία, στο Κεφάλαιο 10 γίνεται μια προσπάθεια αναλυτικότερης περιγραφής της Φύσης της Επιστήμης από την πλευρά της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

2.2 Επαγωγική και Παραγωγική μέθοδος

Παρότι οι αρχαίοι Έλληνες ήταν ο πρώτος δυτικός πολιτισμός που υιοθέτησε την παρατήρηση και τη μέτρηση ως πρακτική για τη μελέτη του φυσικού κόσμου, δεν θα μπορούσαμε να μιλήσουμε για επιστημονική μέθοδο στην αρχαία Ελλάδα με τη μορφή που την ξέρουμε σήμερα.

Ο Αριστοτέλης δίκαια θεωρείται ως ο θεμελιωτής της εμπειρικής επιστήμης ωστόσο στην ανάπτυξη της επιστημονικής μεθόδου συνέβαλαν και οι Άραβες μελετητές κατά τη χρυσή εποχή του αραβικού πολιτισμού, ενώ η πρακτική αυτή έφθασε πολύ κοντά στη σημερινή της μορφή κατά τη διάρκεια της επιστημονικής επανάστασης του 17ου αιώνα και στην περίοδο που ακολούθησε (Lindberg 1997).

Οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι είχαν περιορισμένη εκτίμηση στα εμπειρικά δεδομένα, με την έννοια ότι πίστευαν πως οι μετρήσεις αφορούσαν στη γεωμετρία και ήταν αρμοδιότητα των τεχνιτών. Ο Πλάτωνας θεωρούσε ότι η γνώση μπορούσε να προσεγγιστεί εξ ολοκλήρου μέσω της λογικής, οπότε δε χρειαζόταν να ανατρέξουμε σε μετρήσεις για πράγματα που αφορούσαν στον φυσικό κόσμο. Ο Αριστοτέλης ήταν ο πρώτος που εκτίμησε την αξία των εμπειρικών δεδομένων, πιστεύοντας ότι η γνώση χτίζεται πάνω σε αυτά που ήδη γνωρίζουμε. Εισήγαγε πρώτος την ιδέα της επαγωγής ως εργαλείου πρόσβασης στη γνώση και συνειδητοποίησε ότι η αφηρημένη σκέψη και η λογική πρέπει να υποστηρίζονται από εμπειρικά δεδομένα. Οι απόψεις του περί της προσέγγισης του φυσικού κόσμου αναλύονται στα έργα του *Φυσικά και Μετά τα Φυσικά (Μεταφυσικά)*.

Στη φυσική φιλοσοφία του Αριστοτέλη, σημαντική θέση κατείχε η αιτιακή ερμηνεία των παρατηρούμενων φαινομένων. Τα τέσσερα στοιχεία, οι φυσικές τους θέσεις, ο σκοπός, οι φυσικές τάσεις της βαρύτητας και ελαφρότητας κατείχαν σημαντική θέση στον προσδιορισμό των τεσσάρων αιτιών, ως προϋπόθεση για μια πλήρη επιστημονική εξήγηση. Έπρεπε, όμως, να καθοριστούν οι λογικοί κανόνες ή αρχές, με βάση τους οποίους ή τις οποίες θα μπορούσαν να προσδιοριστούν τα τέσσερα αίτια για τα φαινόμενα που αντιλαμβανόμαστε γύρω μας, γιατί τα αίτια δίνονται μόνο από τη λογική και δεν μας παρουσιάζονται άμεσα από τις αισθήσεις. Αυτές οι εξηγητικές αρχές εξάγονται επαγωγικά αλλά κατόπιν εφαρμόζονται παραγωγικά για να προβλεφθούν από αυτές τα νέα φαινόμενα (Losee 2001).

Η γνώση, σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, βασίζεται στις πρώτες αρχές ή στα αξιώματα που γνωρίζουμε ότι ισχύουν χωρίς να χρειάζονται απόδειξη και από τα οποία συνάγεται παραπέρα γνώση με βάση τον παραγωγικό συλλογισμό. Άρα, η γνώση είναι *a priori*, τελεολογική και επιπλέον εμπειρική, γιατί η διαδικασία απόκτησής της ξεκινά με την αισθητηριακή αντίληψη (Gerson 2009).